

# Übersicht und neue Einblicke in den RTL-SDR mit R820T-Tuner

Hayati Aygün

E-Mail: [h\\_ayguen@web.de](mailto:h_ayguen@web.de)

GPG Fingerprint: 558E C9EF 3EAB 05E8 76AF 61DC D44C 9772 6FA1 CC0B

Am 12.4.2019 machte mich der Autor der SDR-Software QIRX, auf eine aktuelle Diskussion im Rundfunkforum aufmerksam:

Ab Seite 33 unter

<https://www.rundfunkforum.de/viewtopic.php?f=11&t=56472>

wurde die Möglichkeit angesprochen, die Bandbreite des RTL-SDR einzuschränken, um einen DAB-Sender, in direkter Nachbarschaft zu einem anderen Sender, besser empfangen zu können.

Es wurde u.a. festgestellt, dass QT-DAB sowie Andi's DAB-Player den RTL-SDR immer so ansteuern, dass die IF 6 MHz breit ist. DAB/DAB+ benötigt unter 1536 kHz. Mit 6 MHz ragen mögliche Nachbarkanäle bereits in das Empfangsband und können somit den DX-Empfang deutlich stören.

Zunächst ein Überblick auf den Aufbau des RTL-SDR mit einem R820T bzw. R820T2 Tuner in Abbildung 1.

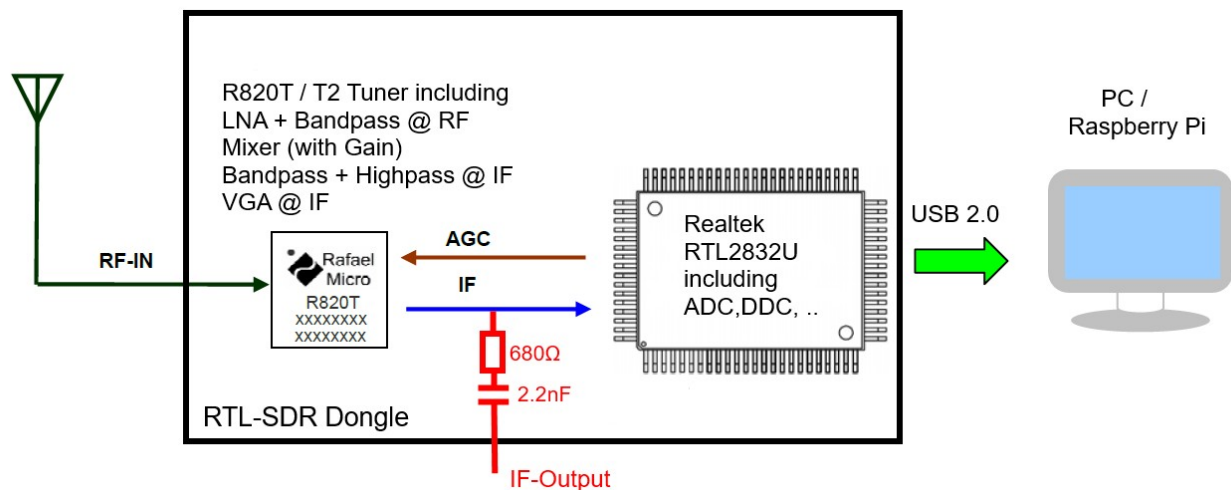


Abbildung 1: RTL-SDR mit R820T/T2 Tuner inkl. zusätzlichem IF-Ausgang

Der RTL2832U kann mit verschiedenen Tunern betrieben werden. Der E4000-Tuner von Elonics hat neben dem R820T von Rafael Micro einen höheren Bekanntheitsgrad. Allerdings wird der E4000 nicht mehr produziert. Wir betrachten hier ausschließlich den R820T, der noch gut erhältlich ist. In Abbildung 2 ein Blockschaltbild.

Der Tuner liefert das Signal, im Bereich zwischen 1 und 5 MHz, an den RTL2832U. Der RTL2832U wandelt das analoge Signal mit einer Abtastrate von 28.8 MHz in ein Digitales. Aufgrund der hohen Abtastrate wird kein analoges Anti-Alias-Filter vor der A/D-Wandlung

benötigt. Die vollen 28.8 MHz können nicht komplett an den USB-Ausgang gegeben werden. Daher enthält der RTL2832U einen weiteren kompletten Digital-Down-Converter (DDC), der die Abtastrate variabel zwischen 900 kHz und 3200 kHz reduzieren kann. Für diesen DDC-Prozess kann die Mittenfrequenz (Mitte aus der IF vom Tuner) relativ wahlfrei gesteuert werden. Der im Analog-Bereich eingesparte Anti-Alias-Filter wird in der digitalen Domäne vor der Reduzierung der Samplerate benötigt und erfolgt mit einem FIR-Filter.

Zusätzlich kann der RTL2832 ein im Tuner ggf. gespiegeltes Signal wieder zurück-spiegeln. Für den R820T wird dies benötigt.

Bis das Signal von der Antenne bis an den PC gelangt sind folglich 2 Mischer beteiligt:

1. im R820T Tuner für die gewünschte HF-Frequenz zwischen 24 und ca. 1750 MHz
2. im RTL2832U für die IF-Frequenz zwischen 0 und 14.4 MHz bzw. 28.8 MHz

Als Filter wirken insgesamt 3 Anteile:

1. RF-Filter im R820T-Tuner
2. IF-Filter im R820T-Tuner
3. digitaler Anti-Alias-Filter im RTL2832U

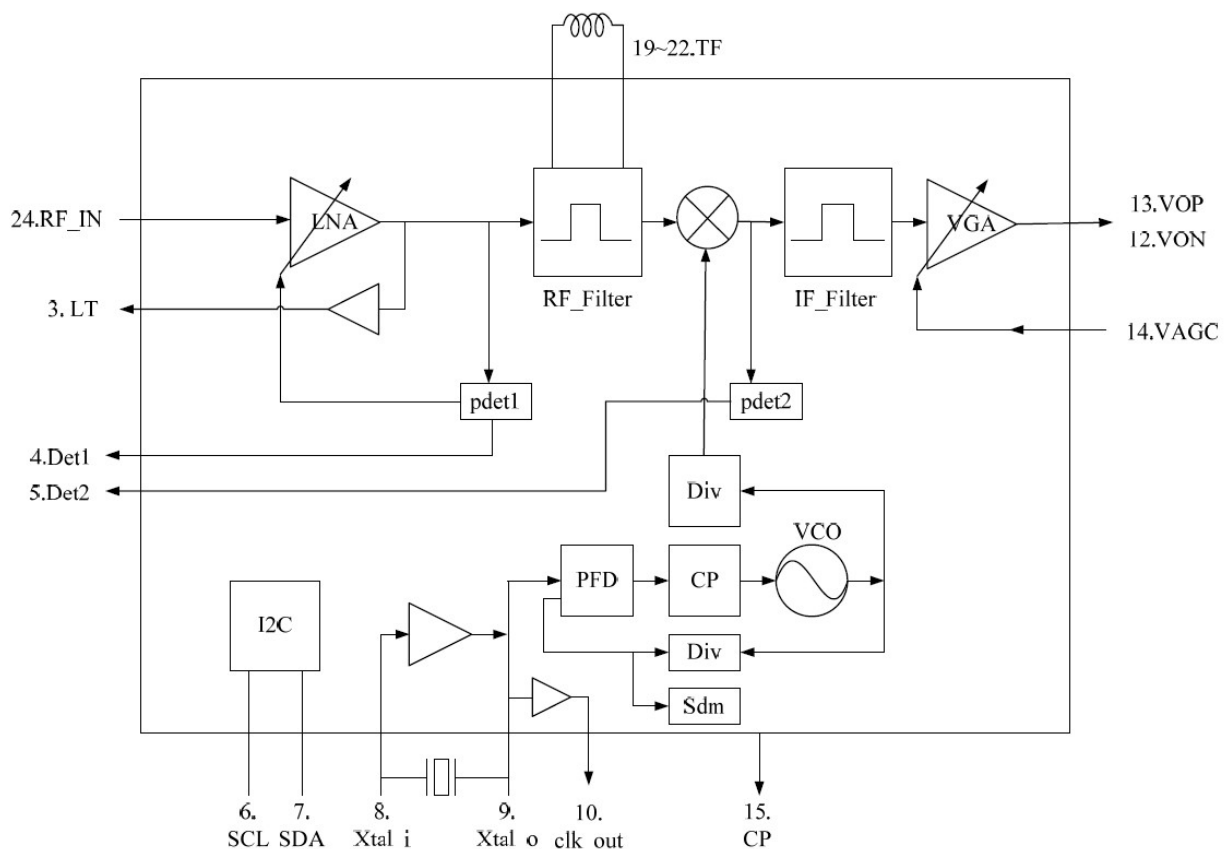


Abbildung 2: Blockschaltbild zum R820T bzw. R820T2 von Rafael Micro

Zum Thema Bandbreiten-Einstellung gab es bereits Arbeiten von Leif Asbrink (SM5BSZ) und Alexander Kurpiers (DL8AAU) und ggf. auch weiteren Personen. Diese Arbeiten wurden 2016 in den „Treiber“ für die librtlsdr Bibliothek von

<https://github.com/librtlsdr/librtlsdr> integriert und in einigen der zugehörigen Kommandozeilen-Tools (rtl\_sdr, rtl\_tcp, ..) zusammen mit entsprechenden Optionen integriert. Des Weiteren wurden die Tools für Windows vorkompiliert bereitgestellt. Der Fokus lag damals auf der Verbesserung des AGC-Verhaltens, welche bis heute zur Übersteuerung neigt.

Im Rundfunkforum wurde QIRX zusammen mit dem damaligen rtl\_tcp getestet. Im Resultat wurden die Filter bemängelt: Asymmetrisch und deutlich breiter als in der Bandbreiten-Auswahl angegeben! Diese Ergebnisse waren durch „HF-Hase“ Bernhard Kisting (DB9PP) an einem RTL-Dongle mit R820T2-Tuner sowie einem IF-Ausgang (zwischen Tuner-Chip und A/D-Wandler Chip RTL2832) vermessen worden; siehe Abbildung 1.

Diese primären Erkenntnisse konnten auch ohne Spektrum-Analyser – mit einem Rauschgenerator als Eingang für den RTL-Dongle – nachvollzogen werden.

Es wurde festgestellt, dass der kleinst-mögliche Bandpass des R820T genutzt wurde. Dieser hat aber eine Bandbreite von ~ 1500 kHz im 3-dB Punkt; siehe Abbildung 3.

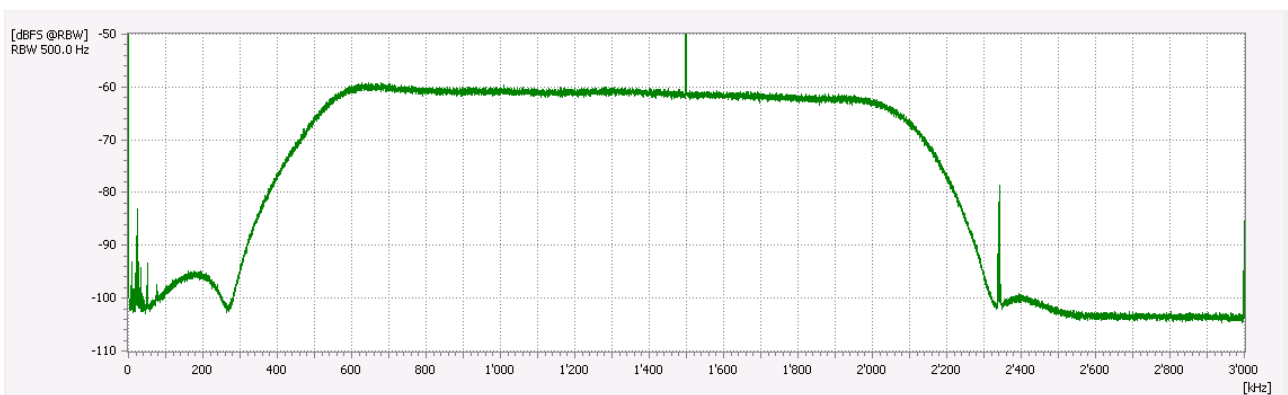


Abbildung 3: Spektrum vom IF-Ausgang bei kleinster Bandpass Einstellung am Rauschgenerator

Leif Asbrink (SM5BSZ) und Alexander Kurpiers (DL8AAU) nutzen immer die obere Bandpass-Flanke (nach erneuter Spiegelung im RTL2832U wird es zur Flanke mit der tieferen Frequenz) durch Anpassung der IF-Frequenz im RTL2832U für den DDC; siehe Abbildung 4.

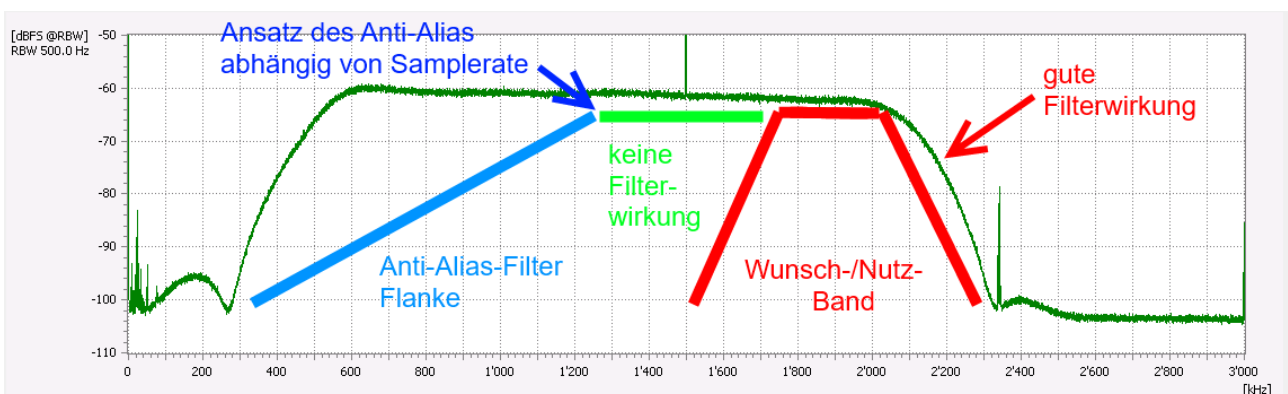


Abbildung 4: Bisherige Realisierung niedriger Bandbreiten - im IF-Spektrum eingezeichnet

So wurden Frequenzen/Kanäle unterhalb der eingestellten Frequenz durch die Bandpass-Flanke gut weg-gefiltert. Frequenzen/Kanäle oberhalb der eingestellten Frequenz zzgl. der halben Bandpass-Angabe wurden effektiv nicht gefiltert bzw. erst zur digitalen Nyquist Frequenz hin durch den

digitalen Anti-Alias-Filter. Nach diesem Konzept sind beliebig kleine Wunsch-Bandbreiten einstellbar – die effektive analoge Filterbandbreite liegt immer bei ca. 1500 kHz.

Nach einigen Messungen wurde am 17. April 2019 die I2C-Registerbeschreibung des R820T-Tuners entdeckt:

[http://www.superkuh.com/R820T2\\_Register\\_Description.pdf](http://www.superkuh.com/R820T2_Register_Description.pdf)

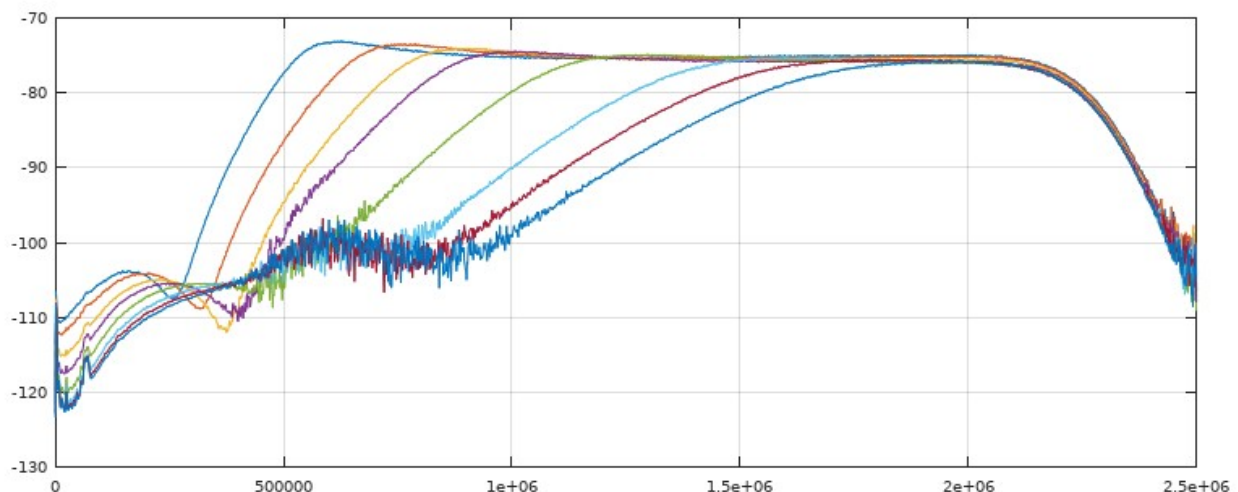
Diese Beschreibung war fürs Verständnis eine riesige Hilfe – obwohl es deutliche Lücken aufweist. Mit Unterstützung von „Oldenburger“ wurden einige Bits in Registern ausfindig gemacht. Manche Bits in den Registern sind undokumentiert; z.B. Bit 7 von Register R11 (0x0B). Dieses Bit 7 ist für IF-Bandbreiten kleiner 6 MHz zuständig. Der Hochpass-Filter im selbigen Register R11 mit den Bits 3 - 0 reagierte gar nicht.

Auf der Hauptseite von <http://superkuh.com/rtl-sdr.html> sind noch vielerlei andere interessante Informationen zum RTL-SDR.

Am 18. April wurde von Bernhard Kistingner das Dokument „Playing with the Airspy R820T IF bandwidth“ von Thierry Leconte gefunden:

<https://tleconte.github.io/R820T/r820IF.html>

Es enthält u.a. eine Beschreibung der Hochpass-Filter im R820T-Tuner mit Messergebnissen:



parameter	-3db Low cut Freq.
15	494'600
14	609'800
13	718'100
12	806'400
11	1'026'900

parameter	-3db Low cut Freq.
10	1'302'400
9	1'455'700
8	1'597'900

Trotz dieser Ergebnisse gelang es nicht, das Hochpassfilter im RTL-SDR Dongle zu aktivieren. Ein offensichtlicher Unterschied ist der Empfänger: Thierry Leconte verwendet den Airspy Empfänger, der ebenfalls den R820T2-Tuner – wie die meisten RTL-SDR Dongles – verbaut hat. Unterschiedlich zum RTL-SDR ist der A/D-Wandler. Jedenfalls fehlte noch ein Puzzle-Teil.

Nach einigen Tagen wurde auch dieses Geheimnis gelüftet: Das letzte Register R30 (0x1E) enthält ein Bit mit der Beschreibung „Filter extension under weak signal“. Diese Erkenntnis konnte bei gründlicher Lektüre der Registerbeschreibung zusammen mit Manuel Lausch gefunden werden. Tatsächlich wird es bei der Initialisierung im RTL-SDR Treiber aktiviert – und somit der Hochpass effektiv ausgeschaltet!

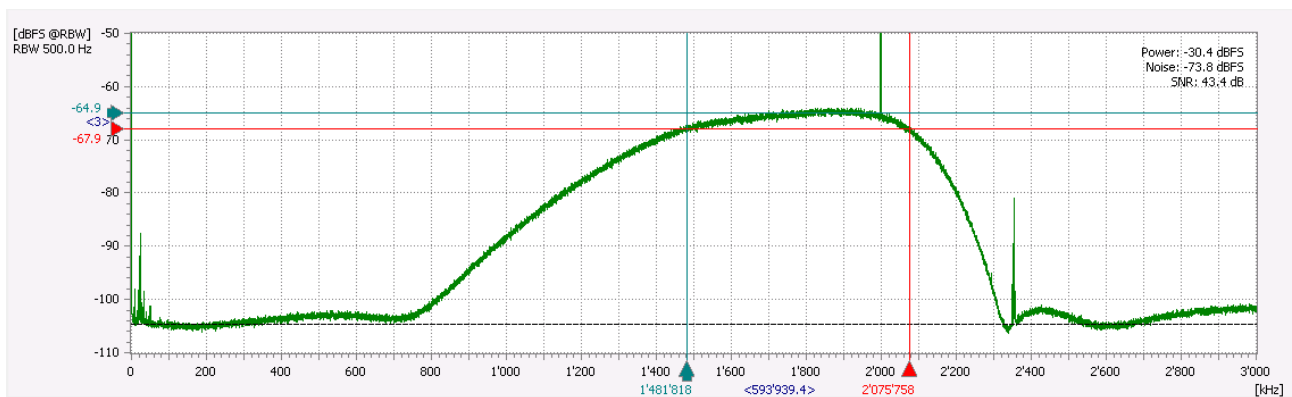


Abbildung 5: Spektrum am IF-Ausgang inklusive Hochpass (links). 3-dB Bandbreite knapp 600 kHz

In Abbildung 5 sieht man die Wirkung des IF-Filters inklusive Hochpass. Man sieht die Wirkung des Hochpass – allerdings fällt die Flanke deutlich flacher aus als die Flanke des im Vergleich deutlich steileren Tiefpasses.

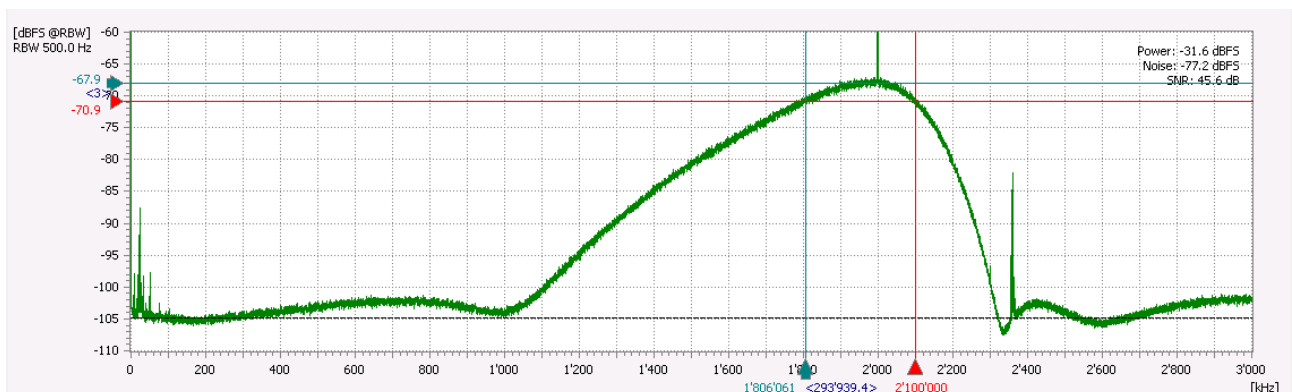


Abbildung 6: Spektrum am IF-Ausgang inklusive Hochpass. 3-dB Bandbreite knapp 300 kHz

Mit den vorhandenen Hochpass-Einstellungen gelang es, 3-dB Bandbreiten bis unter 300 kHz einzustellen; siehe Abbildung 6.

Leider gelang es nicht das Signal ungespiegelt durch den R820T-Tuner passieren zu lassen. Dann hätte man die steilere Tiefpass-Flanke auf der höheren HF-Frequenz positionieren können. Bei Bedarf kann Leif und Alexander's Trick – allerdings ohne den Hochpass – genutzt werden.

Der Hochpass kann auch effektiv für Bandbreiten zwischen 2.5 und 3.2 MHz genutzt werden, wenn der Bandpass auf 6 MHz eingestellt wird; siehe Abbildungen 7. Thierry Leconte hatte diese Einstellungen nicht veröffentlicht – mglw. da sie für den AirSpy-Empfänger keinen Sinn machen.

Die im Rundfunkforum vorgestellten Messungen am IF-Ausgang erfolgten durch Bernhard Kistinger mit einem Spectrum-Analyser. Die Messungen hier wurden anhand des breitbandigen RSP1A-SDR-Empfängers des Herstellers SDRplay erstellt. Es muss darauf geachtet werden, nicht die Filterkurven/Hochpässe des RSP1A zu messen!

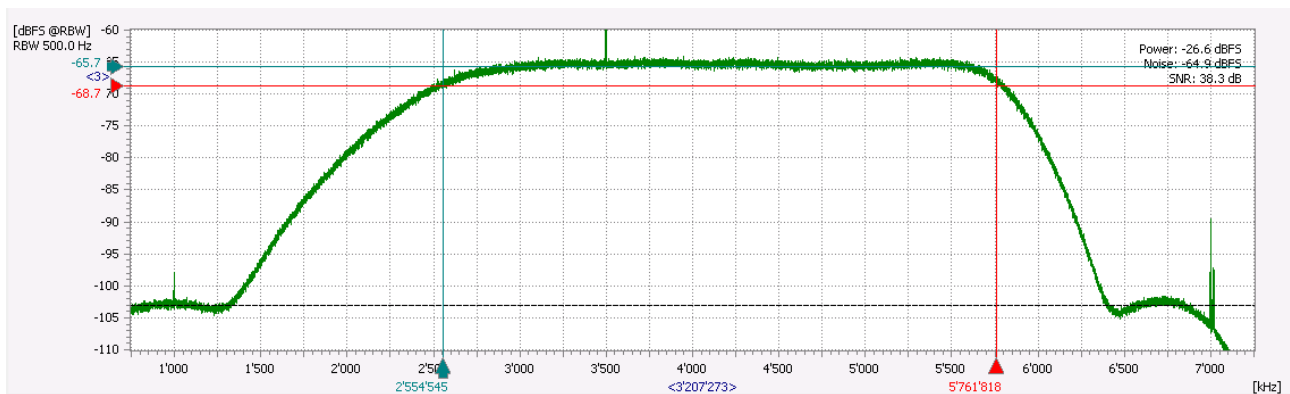


Abbildung 7: Spektrum am IF-Ausgang inklusive Hochpass. 3-dB Bandbreite ca. 3200 kHz

Die Erkenntnisse wurden teilweise bereits in die RTL-Tools, z.B. rtl\_tcp, sowie einem ExtIO-Plugin für HSDR eingearbeitet, u.a. um die Messungen durchführen zu können:

<https://github.com/hayguen/librtlsdr/releases>  
[https://github.com/hayguen/extio\\_rtl\\_tcp/releases](https://github.com/hayguen/extio_rtl_tcp/releases)

Ein Teil der Programmierung/Implementierung steht noch aus.  
Auch steht die Integration/Nutzung im FMList-Scanner noch aus.

Anhand einer Testversion von QIRX für den DAB-Empfang wurden im Rundfunkforum bereits leichte Verbesserungen gemeldet.

Besonders interessant wird es, Meldungen/Ergebnisse von UKW-DXern mit einem günstigen RTL-SDR Dongle zu bekommen!

Vielen Dank an die Unterstützer Manuel Lausch, „Oldenburger“ und Bernhard Kistinger.